

Jurusan Teknik Informatika

Skripsi Sarjana Komputer

Semester Ganjil 2004/2005

**Pengenalan Tulisan Tangan Berupa Karakter Dengan  
Ekstraksi Fitur Zernike Moments Menggunakan Fuzzy  
ARTMAP**

Hendra 0500545696

Daniel Nurindra 0500549776

Feudy 0500572551

**Abstrak**

*Handwritten recognition* bukan hal baru dalam dunia penelitian, namun demikian penelitian ini masih terus dikembangkan dikarenakan banyak keuntungan-keuntungan yang didapat dari penelitian ini. *Handwritten recognition* merupakan aplikasi yang menterjemahkan tulisan tangan manusia menjadi karakter-karakter yang dikenali oleh komputer. *Input* pada aplikasi ini berupa *image* hasil *scanner*, sedangkan *output* pada aplikasi ini adalah karakter-karakter yang dikenali oleh komputer. Skripsi ini menjelaskan algoritma *thresholding* untuk menghilangkan *noise* pada *image*, teknik *zoning* dan *zernike moments* untuk *feature extraction*, serta menganalisis dan mengevaluasi implementasi penerapan teknik-teknik tersebut dengan menggunakan metode fuzzy ARTMAP. Hasil yang diperoleh dari skripsi ini adalah tingkat keakuratan pengenalan dengan metode *zernike moments* lebih baik dibanding menggunakan metode *zoning*. Tingkat akurasi pengenalan sebesar 92.31% diperoleh untuk pengenalan karakter berupa huruf dan sebesar 88.71% untuk pengenalan karakter berupa angka dengan menggunakan metode *zernike moments*. Metode *zernike moments* juga dapat mengenali karakter yang dirotasi (*rotation invariant*).

**Kata kunci**

*Handwritten recognition, thresholding, noise, zoning, zernike moments, feature extraction, fuzzy ARTMAP, rotation invariant.*

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, hanya oleh karena kasih dan anugerah-Nya dan dengan segala keterbatasan yang ada penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengenalan Tangan berupa karakter menggunakan Ekstraksi Fitur *Zernike Moments* menggunakan *Fuzzy ARTMAP*”.

Selesainya penyusunan skripsi ini merupakan suatu kesenangan dan kebanggaan tersendiri, dikarenakan penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dari kelulusan program sarjana *strata I* di Universitas Bina Nusantara.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak terlepas dari dukungan, saran, dan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga proses penulisan berjalan dengan baik. Untuk itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Theresia Widia Soerjaningsih (Alm) selaku Rektor Universitas Bina Nusantara.
2. Bapak Ir. Harjanto Prabowo, MM., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Bapak Ir. Sablin Y., M.Sc., M.CompSc., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika.
4. Bapak Freddy Purnomo, S.Kom, M.Com, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika.
5. Bapak Wiedjaja, S. Kom, M.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.

6. Dosen-dosen Universitas Bina Nusantara yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan bimbingan di dalam kelas perkuliahan.
7. Orang tua dan kerabat -- kerabat yang telah memberikan dukungan baik moril, materiil dan doa terhadap penulis.
8. Segenap kerabat, khususnya asisten UPTPL Bina Nusantara dan pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dorongan moril semangat, bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Seperti ada pepatah yang mengatakan "Tidak ada Gading yang tak Retak", begitu juga dengan skripsi ini yang mempunyai kekurangan-kekurangan, kritikan dan saran diharapkan dari para pembaca semua.

Semoga skripsi ini mempunyai daya guna tersendiri bagi rekan-rekan pembaca semua dan dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan baru bagi rekan-rekan pembaca.

Jakarta, 20 Januari 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar .....	i
Halaman Judul Dalam .....	ii
Halaman Persetujuan Hardcover .....	iii
Halaman Pernyataan Dewan Penguji .....	iv
Abstrak .....	vii
PRAKATA .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Ruang Lingkup .....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	4
1.4 Metodologi .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Digital Image .....	7
2.1.1 <i>Bitmap Image</i> .....	7
2.1.2 <i>Vector Image</i> .....	9
2.2 Pixel .....	10

2.3	RGB .....	11
2.4	Image Processing .....	11
2.4.1	Tahap <i>Input</i> .....	12
2.4.2	Tahap Proses .....	12
2.4.3	Tahap <i>Output</i> .....	12
2.5	Grayscale.....	12
2.6	Thresholding .....	13
2.7	Scaling.....	15
2.8	Jaringan Syaraf Tiruan (JST) .....	16
2.8.1	Analogi Kerja Otak Manusia .....	17
2.8.2	Pengenalan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	18
2.8.3	Cara Kerja Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	19
2.9	Adaptive Resonance Theory (ART).....	20
2.10	Konsep ART1 .....	22
2.11	<i>Fuzzy</i> ART .....	23
2.11.1	Pengenalan <i>Fuzzy</i> ART .....	23
2.11.2	Cara Kerja <i>Fuzzy</i> ART .....	25
2.12	<i>Fuzzy</i> ARTMAP.....	26
2.12.1	Karakteristik <i>Fuzzy</i> ARTMAP .....	27
2.12.2	Mekanisme Kerja <i>Fuzzy</i> ARTMAP .....	27
2.13	Konsep Pengenalan Tulisan Tangan .....	30
2.14	<i>Feature Extraction</i> .....	30
2.14.1	<i>Zoning</i> .....	31

2.14.2	<i>Zernike Moments Invariants</i> .....	32
2.14.2.1	Karakteristik <i>Zernike Moments</i> .....	33
2.14.1.2	Mekanisme Kerja <i>Zernike Moments Invariant</i> .....	34
2.15	<i>Circle in The Square</i> .....	37
2.16	<i>The MNIST Database</i> .....	38
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN .....		40
3.1	Analisis .....	40
3.1.1	Perumusan Masalah .....	40
3.1.2	Pemecahan Masalah .....	41
3.2	Perancangan .....	41
3.2.1	<i>Preprocessing</i> .....	41
3.2.1.1	<i>Thresholding</i> .....	42
3.2.1.2	<i>Scaling</i> .....	45
3.2.2	<i>Feature Extraction</i> .....	45
3.2.2.1	<i>Zoning</i> .....	46
3.2.2.2	<i>Zernike Moments</i> .....	48
3.2.3	<i>Fuzzy ARTMAP</i> .....	52
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN EVALUASI PENGUJIAN .....		57
4.1	Implementasi .....	57
4.1.1	Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> yang Digunakan .....	57
4.1.2	Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> Menggunakan Data Test <i>Circle in The Square</i> .....	58
4.1.3	Pengujian Prototipe .....	72

4.1.3.1	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Huruf .....	73
4.1.3.2	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Angka .....	80
4.1.3.3	Pengujian Protipe Menggunakan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments</i> untuk Mengenali Data <i>Test</i> Angka dan Huruf yang telah Dirotasi $90^\circ$ , $180^\circ$ dan $270^\circ$ .....	84
4.1.4	Petunjuk Penggunaan Prototipe .....	89
4.2	Evaluasi Pengujian .....	94
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN .....		105
5.1	Simpulan .....	105
5.2	Saran .....	106
DAFTAR PUSTAKA .....		107
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....		110
LAMPIRAN-LAMPIRAN		
	Lampiran Contoh Data Huruf .....	L1
	Lampiran Contoh Data Angka .....	L2
	Lampiran Contoh Data Huruf yang Dirotasi .....	L3
	Lampiran Contoh Data Angka yang Dirotasi .....	L4
	Lampiran Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Huruf .....	L5
	Lampiran Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Angka .....	L14
	Lampiran Hasil Pengujian <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments</i> terhadap Rotation Invariant .....	L17

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Rumus ART1 dan <i>Fuzzy ART</i> .....	23
Tabel 4.1	Spesifikasi <i>Hardware</i> yang Digunakan.....	57
Tabel 4.2	Spesifikasi <i>Software</i> yang Digunakan.....	57
Tabel 4.3	Pengaruh Nilai <i>Base Vigilance</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Alpha</i> 0.01 dan Nilai <i>Beta</i> 1.....	59
Tabel 4.4	Pengaruh Nilai <i>Base Vigilance</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Alpha</i> 0.01 dan Nilai <i>Beta</i> 0.01.....	62
Tabel 4.5	Pengaruh Nilai <i>Beta</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Alpha</i> 0.01 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....	66
Tabel 4.6	Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.01 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....	67
Tabel 4.7	Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.1 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....	67



Tabel 4.8	Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.2 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....	68
Tabel 4.9	Jumlah <i>Vector</i> Masukan yang dihasilkan <i>Feature Extraction</i> .....	74
Tabel 4.10	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zoning</i> ..	74
Tabel 4.11	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 8</i> .....	76
Tabel 4.12	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 9</i> .....	77
Tabel 4.13	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	78
Tabel 4.14	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 11</i> .....	79
Tabel 4.15	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Angka</i> dan Metode <i>Zoning</i> ..	81
Tabel 4.16	Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Angka</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	82
Tabel 4.17	Pengujian Prototipe dengan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 8</i> Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Angka yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270°.....	85

Tabel 4.18	Pengujian Prototipe dengan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 9</i> Menggunakan Data <i>Test</i> Huruf dan Angka yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270° .....	86
Tabel 4.19	Pengujian Prototipe dengan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 10</i> Menggunakan Data <i>Test</i> Huruf dan Angka yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270° .....	87
Tabel 4.20	Pengujian Prototipe dengan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 11</i> Menggunakan Data <i>Test</i> Huruf dan Angka yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270° .....	88
Tabel 4.21	Hasil Pengenalan Karakter Berupa Huruf dengan Metode <i>Zoning</i> .....	95
Tabel 4.22	Hasil Pengenalan Karakter Berupa Huruf dengan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	98
Tabel 4.23	Perbandingan Hasil Pengenalan Karakter Berupa Angka dengan Metode <i>Zoning</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	100

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh <i>Bitmap Image</i> .....	8
Gambar 2.2	<i>Vector Image</i> .....	9
Gambar 2.3	Contoh Sederhana dari <i>Pixel</i> .....	10
Gambar 2.4	Contoh Kegunaan <i>Thresholding</i> untuk Menghilangkan <i>Noise</i> .....	14
Gambar 2.5	Contoh Kegunaan <i>Thresholding</i> Menyeragamkan Warna.....	15
Gambar 2.6	Contoh proses scaling pada image.....	16
Gambar 2.7	Neuron Sederhana pada Otak Manusia Beserta Komponen-komponennya.....	17
Gambar 2.8	<i>Synapsis</i> pada Jaringan Biologis Manusia.....	18
Gambar 2.9	<i>Neuron</i> pada JST Sederhana.....	20
Gambar 2.10	<i>Fuzzy ART</i> Sederhana.....	24
Gambar 2.11	<i>Fuzzy ARTMAP</i> pada Fase Pembelajaran.....	29
Gambar 2.12	Tahapan Dalam Pengenalan Tulisan Tangan.....	30
Gambar 2.13	(a) Sebuah <i>Image</i> ; (b) Nilai Rata-rata dalam Setiap <i>Zone</i> .....	32
Gambar 2.14	(a) Vector Orthogonal, (b) Vector Non-Orthogonal.....	33

Gambar 2.15	Normalisasi <i>Image</i> (a) Koordinat <i>Image</i> dalam Ukuran $N \times N$ ; (b) Normalisasi Koordinat <i>Image</i> dengan Menggunakan Mapping $(0, N-1) \rightarrow (-1, +1)$ .....	35
Gambar 2.16	Contoh Hasil <i>Circle in The Square</i> .....	37
Gambar 2.17	Contoh <i>Image</i> pada Data Test MNIST.....	39
Gambar 3.1	Blok Diagram <i>Preprocessing</i> .....	42
Gambar 3.2	Bagan Alir <i>Thresholding</i> .....	43
Gambar 3.3	Bagan Alir <i>Thresholding</i> Lanjutan.....	44
Gambar 3.4	Bagan Alir <i>Zoning</i> .....	47
Gambar 3.5	Bagan Alir <i>Zernike Moments</i> .....	48
Gambar 3.6	Bagan alir perhitungan $A_{nm}$ .....	50
Gambar 3.7	Bagan alir perhitungan $V_{nm}$ .....	51
Gambar 3.8	Bagan Alir Fase <i>Training Fuzzy ARTMAP</i> .....	52
Gambar 3.9	Bagan Alir Fase <i>Testing Fuzzy ARTMAP</i> .....	55

Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Nilai Base Vigilance terhadap Recognition Rate Training Set dalam Proses Pengujian Fuzzy ARTMAP dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai Alpha 0.01 dan Nilai Beta 1.....	60
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Nilai Base Vigilance terhadap Recognition Rate Testing Set dalam Proses Pengujian Fuzzy ARTMAP dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai Alpha 0.01 dan Nilai Beta 1.....	61
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Nilai Base Vigilance terhadap Recognition Rate Training Set dalam Proses Pengujian Fuzzy ARTMAP dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai Alpha 0.01 dan Nilai Beta 0.01.....	63
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Nilai Base Vigilance terhadap Recognition Rate Testing Set dalam Proses Pengujian Fuzzy ARTMAP dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai Alpha 0.01 dan Nilai Beta 0.01.....	64
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Nilai Beta terhadap Recognition Rate dalam Proses Pengujian Fuzzy ARTMAP dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai Alpha 0.01 dan Nilai Base Vigilance 0.99..	66

Gambar 4.6	Grafik Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> terhadap <i>Recognition Rate</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.01 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99...69
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> terhadap <i>Recognition Rate</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.1 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....70
Gambar 4.8	Grafik Pengaruh Nilai <i>Alpha</i> terhadap <i>Recognition Rate</i> dalam Proses Pengujian <i>Fuzzy ARTMAP</i> dengan Menggunakan Data <i>Test Circle in The Square</i> dimana Nilai <i>Beta</i> 0.2 dan Nilai <i>Base Vigilance</i> 0.99.....71
Gambar 4.9	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zoning</i> .....75
Gambar 4.10	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 8</i> .....76
Gambar 4.11	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 9</i> .....77
Gambar 4.12	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....78
Gambar 4.13	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test Huruf</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 11</i> .....79

Gambar 4.14	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Angka dan Metode <i>Zoning</i> .....	82
Gambar 4.15	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan Data <i>Test</i> Angka dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	83
Gambar 4.16	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 8</i> untuk Mengenali Data <i>Test</i> Angka dan Huruf yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270°.....	85
Gambar 4.17	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 9</i> untuk Mengenali Data <i>Test</i> Angka dan Huruf yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270°.....	86
Gambar 4.18	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 10</i> untuk Mengenali Data <i>Test</i> Angka dan Huruf yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270°.....	87
Gambar 4.19	Grafik Hasil Pengujian Prototipe Menggunakan <i>Magnitude</i> dari <i>Zernike Moments Orde 11</i> untuk Mengenali Data <i>Test</i> Angka dan Huruf yang telah Dirotasi 90°, 180° dan 270°.....	88
Gambar 4.20	Layar Tampilan Utama dari Prototipe.....	89
Gambar 4.21	Layar <i>Menu</i> Pemilihan <i>Feature Extraction</i> .....	90
Gambar 4.22	Layar <i>Menu</i> Pemilihan <i>Preprocessing</i> .....	90

Gambar 4.23	Layar Menu Pemilihan Data <i>Training</i> atau Data <i>Testing</i> .....	90
Gambar 4.24	Layar Menu Pembuatan <i>Fuzzy ARTMAP</i> .....	91
Gambar 4.25	Layar Konfigurasi Pembuatan <i>Fuzzy ARTMAP</i> .....	91
Gambar 4.26	Layar Pemilihan Data Set yang Digunakan.....	92
Gambar 4.27	Layar <i>Training Data Set</i> .....	92
Gambar 4.28	Layar <i>Testing Data Set</i> .....	93
Gambar 4.29	Layar Melihat Hasil <i>Testing</i> .....	93
Gambar 4.30	Layar Menu Penyimpanan Hasil Pengujian.....	94
Gambar 4.31	Grafik Hasil Pengenalan Karakter Berupa Huruf dengan Metode <i>Zoning</i> .....	96
Gambar 4.32	Contoh Huruf-huruf yang Tidak Berhasil Dikenali Dengan Metode <i>Zoning</i> .....	97
Gambar 4.33	Grafik Hasil Pengenalan Karakter Berupa Huruf dengan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	99
Gambar 4.34	Contoh Huruf-huruf yang Tidak Berhasil Dikenali Dengan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	100



Gambar 4.35	Grafik Perbandingan Hasil Pengenalan Karakter Berupa Angka dengan Metode <i>Zoning</i> dan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	101
Gambar 4.36	Contoh Angka-angka yang Tidak Berhasil Dikenali Dengan Metode <i>Zoning</i> .....	102
Gambar 4.37	Contoh Angka-angka yang Tidak Berhasil Dikenali Dengan Metode <i>Zernike Moments Orde 10</i> .....	103